

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Bakalářská práce**

**2009**

**Michal Osladil**

**VŠB - Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta strojní**

**Institut dopravy**

**Provozní hodnocení brzd automobilů**

**Operational Evaluation of Automobile Brakes**

**Student:**

**Michal Osladil**

**Vedoucí diplomové práce:**

**Ing. Michal Richtář**

**Ostrava 2009**



# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Provozní hodnocení brzd automobilů

*Operational Evaluation of Automobile Brakes*

**Student:** Michal Osladil  
**Studijní obor:** 2301R002 Dopravní technika  
**Pracoviště:** Institut dopravy - 342

## Zásady pro zpracování:

1. Úvod.
2. Legislativní stav.
3. Přehled současného stavu.
4. Provozní hodnocení.
5. Zhodnocení a doporučení.
6. Závěr.

**Pokyny pro zpracování:**

**Rozsah práce:** min. 30 stran textu mimo přílohy

**Cíl práce:** Cílem práce je provést provozní hodnocení brzd automobilů.

**Seznam doporučené literatury:**

MATĚJKA, R. *Vozidla silniční dopravy I.*, Alfa Bratislava, 1990, ISBN 80-05-00392-7

MATĚJKA, R. *Vozidla silniční dopravy II.*, Alfa Bratislava, 1994, ISBN 80-7100-074-4

**Vedoucí bakalářské práce:**

Ing. Michal Richtář

**Datum zadání bakalářské práce:**

24. září 2008


**Datum odevzdání:**

22. května 2009

**Akademický rok:**

2008/2009





doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.

ředitel ID



prof. Ing. Radim Farana, CSc.

děkan FS

V Ostravě dne 23. září 2008

### **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

## Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě .....

.....

podpis studenta

Adresa trvalého pobytu studenta

Michal Osladil

Hrabenov 100

Ruda nad Moravou, 789 63

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

OSLADIL, M. Provozní hodnocení brzd automobilů. Ostrava: institut dopravy, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009, 39 s. Bakalářská práce, vedoucí Richtář, M.

Bakalářská práce se zabývá provozním hodnocením brzd automobilů. V práci jsou shromážděny údaje o bezpečnosti provozu silničních vozidel a rozdělení brzd podle konstrukce a účelu. Výsledkem práce je posouzení míry opotřebení třecích segmentů, srovnání stavu účinku brzd a zjištění závad vzniklých v průběhu sledování.

Ke zjištění stavu brzd byla zvolena válcová zkušebna Roboterm. Za sledované období činilo opotřebení třecích segmentů 0,3 až 0,5 mm, což je přibližně 3 až 5 % z nových třecích segmentů.

**Klíčová slova:** brzdy, třecí segmenty, účinky brzd

## **ANNOTATION OF THE GRADUATION THESIS**

OSLADIL, M. Operational Evaluation of Automobile Brakes. Ostrava: Institute of Transportation, Faculty of Mechanical Engineering VŠB - Technical University of Ostrava, 2009, 39 p. Graduation thesis, head: Richtář, M.

Graduation thesis deals with the operational evaluation of automobile brakes. In this thesis are gathered figures about the safety of traffic of road carriages and diversification of the brakes according to their construction and purpose. As a result of this thesis is the dimension of deterioration of friction segments, comparison of braking effect and finding out the failures appeared during the monitoring.

Cylinder test-room Roboterm was chosen for finding-out of condition of the brakes. During the monitoring period made up the brakes deterioration of friction segments from 0,3 to 0,5 mm, which is approximately 3-5 % of the new ones.

**Keywords:** brakes, friction segments, braking effects

## Obsah:

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Legislativní stav .....</b>	<b>2</b>
2.1 Bezpečnost provozu vozidel .....	2
2.1.1 Předpisy pro zkoušení brzd .....	2
2.1.2 Vyhláška Ministerstva dopravy č. 102/1995 Sb. ....	3
2.2 Rozdělení brzd .....	5
2.2.1 Rozdělení brzd podle účelu .....	5
2.2.2 Rozdělení brzdových soustav podle přenosu síly .....	6
2.3 Rozdělení brzdových okruhů .....	7
2.4 Průběh brzdění .....	9
2.4.1 Doba brzdění .....	9
2.4.2 Dráha brzdění .....	10
2.4.3 Brzdné zpomalení .....	11
2.5 Konstrukční rozdělení brzd .....	11
2.5.1 Kotoučové brzdy .....	12
2.5.2 Brzdový kotouč .....	14
2.5.3 Brzdové obložení .....	15
2.6 Brzdová kapalina .....	15
2.7 Diagnostika brzdové soustavy .....	16
<b>3. Přehled současného stavu .....</b>	<b>19</b>
3.1 Popis sledovaných vozidel .....	19
3.1.1 Škoda Felicia .....	19
3.1.2 Nissan Almera .....	21
3.1.3 Opel Astra .....	22
3.2 Popis měření .....	23
3.2.1 Popis měření tloušťky brzdových kotoučů a třecích segmentů .....	23
3.2.2 Popis zjištění stavu brzd .....	25
3.3 Stav na začátku sledování .....	27
3.3.1 Tloušťka třecích segmentů na začátku sledování .....	27
3.3.2 Stav brzd na začátku sledování .....	29
3.4 Přehled stavu na konci sledování .....	30



3.4.1 Tloušťka třecích segmentů na konci sledování .....	30
3.4.2 Stav brzd na konci sledování .....	32
<b>4. Provozní hodnocení .....</b>	<b>33</b>
<b>5. Zhodnocení a doporučení .....</b>	<b>36</b>
<b>6. Závěr.....</b>	<b>37</b>
<b>7. Literatura .....</b>	<b>38</b>

## **Seznam použitých zkratek a označení:**

ABS - antiblokovací systém

L-1 - první třecí segment na levé straně vozu

L-2 - druhý třecí segment na levé straně vozu

R-1 - první třecí segment na pravé straně vozu

R-2 - druhý třecí segment na pravé straně vozu

# 1. Úvod

Cílem této práce je sledování stavu brzd na vozidlech Škoda Felicia, Nissan Almera a Opel Astra, které bude spočívat ve zjištění stavu na začátku a na konci sledování a v následném porovnání. Na vozidlech budou dále sledovány případné vzniklé závady a bude navrhována jejich oprava. Dalším úkolem je vyhodnocení opotřebení třecích segmentů předních kotoučových brzd na sledovaných vozidlech. Naměřené tloušťky třecích segmentů na začátku a na konci sledovaného období budou zapsány do tabulek a bude vypočítáno vzniklé opotřebení třecích segmentů.

Ke zjištění stavu brzd byla zvolena válcová zkušebna značky Roboterm, na které je možno naměřit brzdné síly jednotlivých kol a nesouměrnost brzdných sil pravého a levého kola na nápravě. Tato válcová zkušebna umožňuje vytisknutí výpisu výsledků testu, které jsou vloženy v příloze.

Koncem této práce vyhodnotím úbytek třecích segmentů a vývoj zjištěného stavu sledovaných vozidel na válcové zkušebně. Doporučení pro další provoz vozidel bude tvořeno navržením oprav závad zjištěných na vozidlech.

## **2. Legislativní stav**

### **2.1 Bezpečnost provozu vozidel**

Prvky aktivní bezpečnosti působí ještě před dopravní nehodou, z toho důvodu můžeme říci, že jde o prvky a systémy, které zamezují nebo předcházejí dopravním nehodám. Mezi prvky aktivní bezpečnosti patří přesné řízení, kvalitní a účinné brzdy a velká škála doplňujících elektronických systémů jako jsou například stabilizační, protiskluzové a protiblokovací systémy. K bezpečnosti samozřejmě patří i dostatečný výhled z kabiny vozidla, správná teplota v kabině, pohodlí řidiče a snadné ovládání vozu [<http://www.autolexicon.net/cz/article/aktivni-bezpecnost>].

Jedním z nejdůležitějších prvků aktivní bezpečnosti provozu vozidel jsou brzdové systémy. Z důvodu zvýšení bezpečnosti musí být brzdový systém dvouokruhový. Nároky na vlastnosti a konstrukci brzdových systémů jsou dány zákony a normami, které mimo jiné stanovují způsoby zkoušení a kontroly brzdových systémů. Ke kontrole stavu brzdových systémů a celkového stavu vozidla slouží povinné státní technické prohlídky, které se řídí zákony a normami. Ty stanovují způsob diagnostikování skutečného stavu vozidla a tím tedy i brzdových systémů. Prověření technického stavu vozidla je povinné v zákonem daných lhůtách podle kategorie vozidla [[http://josef.posta.sweb.cz/publik/Pub\\_134.htm](http://josef.posta.sweb.cz/publik/Pub_134.htm)].

#### **2.1.1 Předpisy pro zkoušení brzd**

##### **Zákon č. 38/1995 Sb.**

Tento zákon jedná o technických podmínkách provozu silničních motorových vozidel na pozemních komunikacích. Na základě tohoto zákona jsou vydávány a používány další předpisy.

První část tohoto zákona se zabývá podmínkami, za kterých může být provozováno silniční vozidlo určené k provozu na pozemních komunikacích. Provozováno nesmí být vozidlo, které svojí konstrukcí nebo stavem neodpovídá požadavkům bezpečnosti

provozu, dále nesmí být provozováno vozidlo, které svým stavem ohrožuje životní prostředí, vozidlo u kterého nebyla schválena technická způsobilost a také nesmí být provozováno vozidlo, které není opatřeno státní poznávací značkou. Vozidla schválená k provozu na pozemních komunikacích podléhají pravidelným technickým prohlídkám a pravidelnému měření emisí. Provozovatel je povinen zajistit technickou prohlídku silničního vozidla a měření emisí ve stanovené lhůtě. Pokud tak neudělá, stává se vozidlo nezpůsobilé k provozu na pozemních komunikacích.

Druhá část zákona se zabývá stanicí technické kontroly a stanicí měření emisí. V této části jsou popsány podmínky, které musí provozovatel splnit, aby mohl provozovat stanici technické kontroly nebo stanici měření emisí.

Třetí část se zabývá státním odborným dozorem nad stanicemi technické kontroly a stanicemi měření emisí. Osoba tímto pověřená kontroluje, zda má stanice technické kontroly oprávnění k technickým prohlídkám a zda má stanice měření emisí oprávnění k měření emisí. Dále kontroluje povinnosti dané zákonem č. 38/1995 Sb., a při jejich nedodržení může okamžitě zakázat jejich činnost [[http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb\\_free.nsf/c12571cc00341df10000000000000000/c12571cc00341df1c12566d40074480b?OpenDocument](http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb_free.nsf/c12571cc00341df10000000000000000/c12571cc00341df1c12566d40074480b?OpenDocument)].

### **2.1.2 Vyhláška Ministerstva dopravy č. 102/1995 Sb.**

Vyhláška Ministerstva dopravy č. 102/1995 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích byla vydána na základě § 16 zákona č. 38/1995 Sb.. Z technického pohledu podrobně upravuje problematiku kolem brzd a brzdění silničních vozidel schválených k provozu na pozemních komunikacích. Součástí vyhlášky jsou tabulky s předepsanými hodnotami, které musí brzdové soustavy podle kategorií vozidel splňovat.

### První část vyhlášky – Silniční vozidla a jiná než silniční vozidla

Rozděluje vozidla do kategorií, popisuje vozidla jednotlivých kategorií (L, M, N, O, atd.). Dělí vozidla podle druhů na (motocykly, osobní automobily, autobusy, atd.). Dále dělí druhy jiných vozidel (pracovní stroje, vojenská vozidla, atd.).

### Druhá část vyhlášky – Schvalování technické způsobilosti

Podrobně upravuje problematiku schválení technické způsobilosti, technické podmínky pro stavbu vozidla, technické podmínky pro přestavbu vozidla, schvalování technické způsobilosti součástí a příslušenství vozidla.

### Třetí část vyhlášky – Technické podmínky, konstrukce a provedení

Zabývá se problematikou: rozměry vozidel, brzdy vozidel, motor a výkon motoru, řízení vozidel, pérování vozidel, karoserie a kabina řidiče, atd.

Podle paragrafu 25, který se zabývá problematikou brzd vozidel kategorií L, M, N a O, musí všechna vozidla s konstrukční rychlostí vyšší než 25 km/h s výjimkou kategorie O1 splňovat z hlediska brzdění a brzdového zařízení stanovené předpisy. Dále musí mít každé vozidlo zařízení pro provozní brzdění, vozidla také mohou mít zařízení pro nouzové a parkovací brzdění. Při poruše provozní brzdy musí nouzová brzda umožnit zastavení na přiměřené vzdálenosti. Parkovací brzda musí udržet vozidlo, soupravu nebo odpojené přípojně vozidlo na svahu za nepřítomnosti řidiče. Dále se vyhláška zabývá vymezením vůle vzniklé opotřebením brzd. Tato vůle musí být snadno vymezená buď ručně nebo samočinným zařízením, brzdová soustava musí být těsná a bez souhlasu výrobce nebo ministerstva nesmí být prováděny zásahy do brzdových systémů u vozidel v provozu.

Paragraf 30 se zabývá účinkem brzd a stanovuje typy zkoušek pro určení účinku brzd. Typy zkoušek pro stanovení účinku brzd jsou například zkouška typu „0“. Na počátku této zkoušky musí být brzdy studené, tedy musí mít teplotu nižší než 100 °C a měří se brzdňý účinek při odpojení a neodpojení motoru. Zkouška typu „1“ je zkouška slábnutí brzdňého účinku a zkouška typu „2“ je zkouškou chování vozidla na dlouhých klesáních. Další zkouška je typu „2A“, tato zkouška se provádí při sjíždění dlouhého svahu bez užití brzdy provozní, nouzové a parkovací. Podmínky pro zkoušení provozního brzdění, nouzového brzdění a parkovacího brzdění jsou stanoveny

v tabulkách a provádí se zkouškami typu (0,1,2,2A) [http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb\_free.nsf/c12571d20046a0b20000000000000000/c12571d20046a0b2c12566d400744d19?OpenDocument].

## **2.2 Rozdělení brzd**

Zpracováno podle [Antiblokovací brzdové systémy].

### **2.2.1 Rozdělení brzd podle účelu:**

#### **- Provozní brzdová soustava**

Provozní brzda je používaná v běžném provozu a je ovládána pouze nohou řidiče, která působí na brzdový pedál. Brzdný účinek působí na všechna kola a lze jej ovládat (regulovat) plynule proměnlivou silou působící na pedál brzdy. Provozní brzda slouží ke snížení rychlosti vozidla, k udržování rychlosti při jízdě z kopce a k úplnému zastavení vozidla.

#### **- Nouzová brzdová soustava**

Nouzová brzda musí při výpadku provozní brzdy alespoň částečně nahradit její funkci, musí působit alespoň na jedno kolo z každé strany vozidla. Nouzová brzda na rozdíl od provozní a parkovací brzdy nevyžaduje žádný další konstrukční systém se zvláštním ovládacím zařízením. Jako nouzovou brzdu lze použít odstupňovanou parkovací brzdu nebo neporušený okruh dvouokruhových provozních brzd.

#### **- Parkovací brzdová soustava**

Parkovací brzda má na starost třetí úlohu brzdových systémů a to takovou, že musí udržet vozidlo v klidu na vozovce se sklonem a bez přítomnosti řidiče. Kvůli bezpečnosti musí být parkovací brzda mechanicky propojena mezi brzdou kola a ovládacím prvkem. Jako mechanické propojení používáme buď lanka nebo tyče. Ovládání parkovací brzdy je uskutečněno z místa řidiče pomocí páky, nebo se můžeme u některých vozidel setkat s pedálem ovládaným nohou. Parkovací brzda působí na kola na jedné nápravě, její účinek je stupňovitý.

#### - Zpomalovací brzdová souprava

Zpomalovací brzda slouží ke snižování rychlosti vozidla podle potřeby zejména při dlouhé jízdě z kopce. Tato brzda ke svému účinku nepoužívá brzdu provozní, nouzovou ani parkovací. Úkolem této brzdy je vozidlo pouze zpomalit a ne jej zastavit.

### **2.2.2 Rozdělení brzdových soustav podle přenosu síly:**

#### - Přímočinná brzdová soustava

U přímočinné brzdové soustavy je brzdná síla vytvářena vlastní silou řidiče na pedál nebo páku brzdy a přenesena buď mechanicky (lanko nebo tyč) nebo hydraulicky (brzdový válec, brzdový váleček) přímo na brzdy. Tato brzdová soustava se používá u motocyklů, dříve se používala i u osobních automobilů.

#### - Brzdová soustava s posilovačem

Tento brzdový systém je používán v osobních automobilech nebo v malých užitkových vozidlech. Toto zařízení zesiluje v posilovači brzd sílu vynaloženou řidičem prostřednictvím pomocné síly. Pomocná síla se vytváří buď podtlakem nebo hydraulickou kapalinou. Máme tedy buď podtlakový nebo hydraulický posilovač brzd. Zesílený účinek se přenáší přes hlavní brzdový válec do brzdového válečku. Posilovač musí být konstruován tak, aby při jeho poruše brzdová soustava zůstala v činnosti a přitom nepřesáhla ovládací síla na brzdový pedál 800 N.

#### - Nepřímočinná brzdová soustava (strojní)

Brzdové systémy nepřímočinné jsou používány většinou v užitkových (nákladních) automobilech. V této soustavě je účinek provozní brzdy tvořen vždy cizí silou, k tomu potřebuje zdroj jiné energie, která je zastoupena tlakem vzduchu. Brzdící účinek řidič pouze ovládá.



## 2.3 Rozdělení brzdových okruhů

Zpracováno podle [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001; Antiblokovací brzdové systémy].

Současné zákonné předpisy požadují dvouokruhové uspořádání brzd. Dvouokruhové brzdové soustavy mohou mít několik možností uspořádání, které je znázorněno na (obr. 1).

### - Uspořádání přední zadní (I I)

Toto uspořádání, při kterém jeden okruh působí na brzdy na přední nápravě a druhý okruh na brzdy na zadní nápravě, se hodí pro vozidla, která mají pohon na zadní nápravě nebo pro střední a těžká nákladní vozidla. V tomto případě je možno použít bubnové nebo kotoučové brzdy na všech kolech nebo na přední nápravě brzdy kotoučové a na zadní bubnové. Rozdělení brzdné síly u tohoto uspořádání je v poměru 70 % : 30 % (přední náprava : zadní náprava).

### - Uspořádání diagonální (X)

U tohoto uspořádání tvoří vždy jeden okruh jedno přední kolo a jedno diagonálně umístěné zadní kolo. Diagonální uspořádání se hodí pro vozidla s poháněnou přední nápravou a používají se u něj stejné druhy brzd jako v předchozím případě. Rozdělení brzdné síly je v tomto případě 50 % : 50 % (1. okruh : 2. okruh).

### - Uspořádání trojúhelníkové (L L)

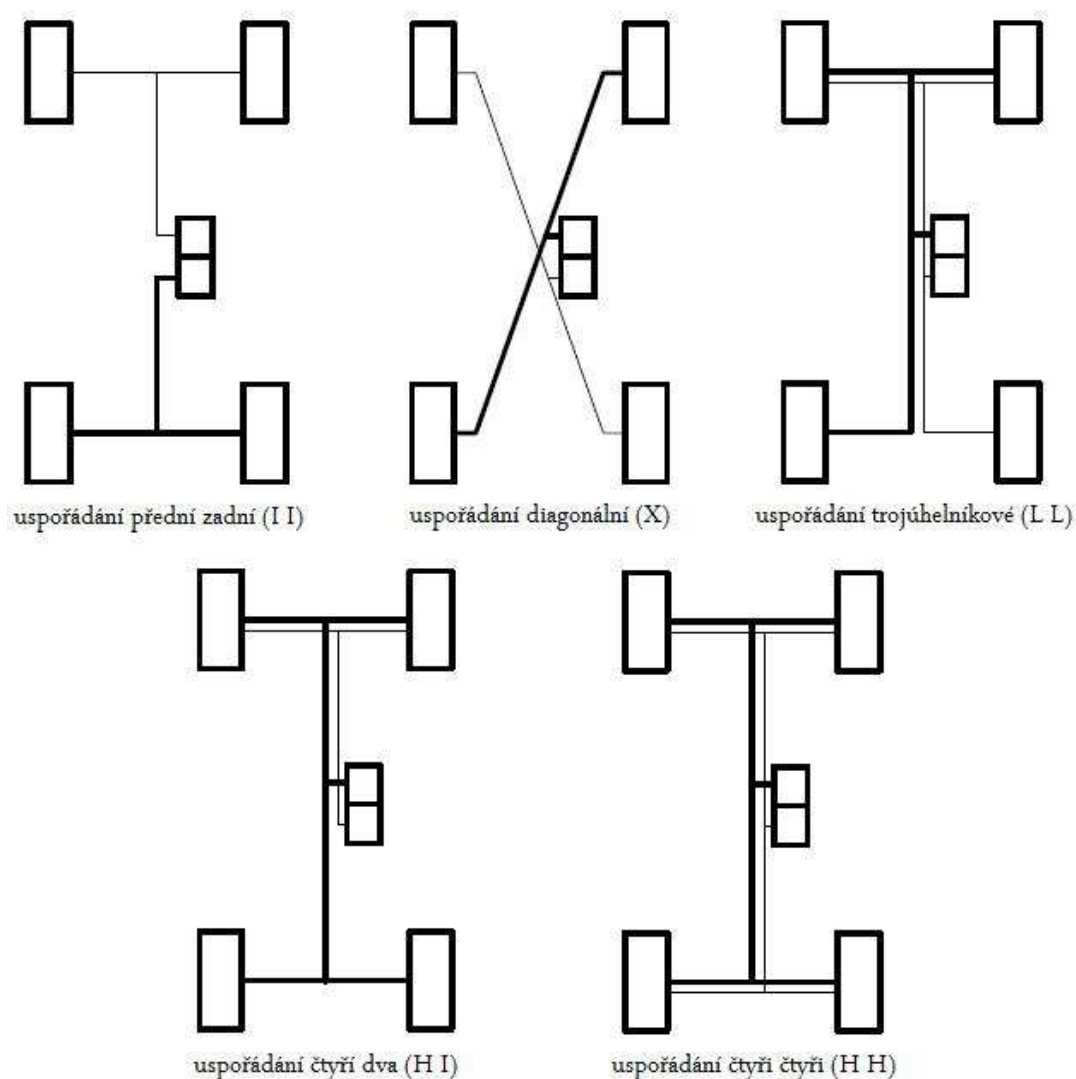
U trojúhelníkového uspořádání působí každý okruh na obě kola na přední nápravě a na jedno kolo na zadní nápravě. U tohoto uspořádání je přední náprava vybavena účinnějšími (např. čtyřpístkovými kotoučovými brzdami) a zadní náprava méně účinnými kotoučovými brzdami. V tomto případě je rozdělení brzdné síly v poměru 50 % : 50 % (1. okruh : 2. okruh).

### - Méně často používané uspořádání:

- čtyři-dva (H I) - jeden okruh působí na přední i zadní nápravu a druhý jen na přední nápravu,

- čtyři-čtyři (H H) - toto uspořádání je možné, pokud jsou použity čtyřpístkové kotoučové brzdy na všech kolech. Potom každý brzdový okruh působí na jeden pár pístků na každém kole.

Obr. 1: Uspořádání brzdových okruhů  
podle [<http://fs1.vsb.cz/~ric69/Sumperk/Brzdy.pdf>].



## **2.4 Průběh brzdění**

Zpracováno podle práce [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001; Antiblokovací brzdové systémy].

### **2.4.1 Doba brzdění**

Doba brzdění je doba, která se skládá z na sebe navazujících složek od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu vozidla až do okamžiku úplného zastavení nebo do okamžiku, kdy brzdící účinek pomine (obr. 2). K celkové době brzdění musíme přičíst reakční dobu řidiče, která se pohybuje v rozmezí 0,5 až 1,2 s.

#### **- Doba technické prodlevy brzdy**

Doba technické prodlevy je doba od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu, do okamžiku, kdy se brzdící účinek začne projevovat.

#### **- Doba náběhu brzdění**

Čas, který uplyne od počátku vzniku brzdné síly do okamžiku, kdy brzdění dosáhne určité výše (odpovídá 75 % brzdného tlaku).

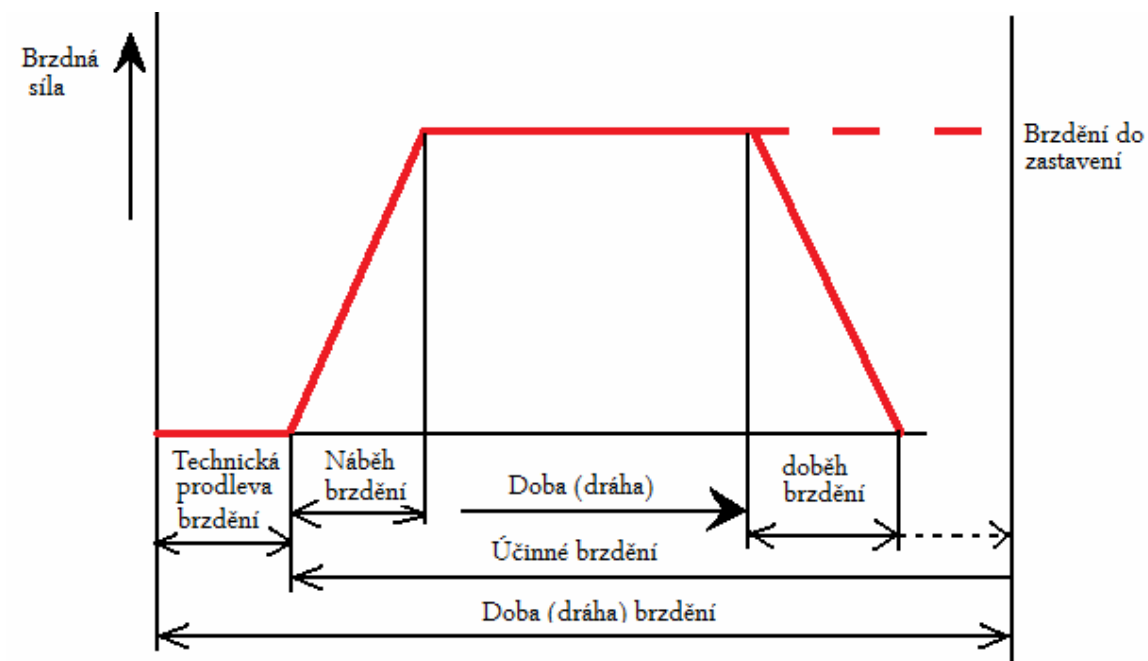
#### **- Účinná doba brzdění**

Doba, která uběhne od začátku vzniku brzdné síly do úplného vymizení brzdné síly. Při zastavení vozidla za stálého tlaku v brzdové soustavě, je za konec času účinku brzd považován okamžik zastavení vozidla.

#### **- Doba doběhu brzdění**

Doba doběhu brzdění je doba od okamžiku, kdy řidič přestane působit na brzdu vozidla, až do doby pominutí brzdného účinku.

Obr. 2: Doba (dráha) brzdění a její složky [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001]



#### 2.4.2 Dráha brzdění

Dráha brzdění je dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdový pedál do okamžiku úplného zastavení nebo když brzdící účinek pomine (obr. 2).

##### - Dráha technické prodlevy brzdy

Je dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdu do okamžiku, kdy se začne projevovat účinek brzdy.

##### - Dráha náběhu brzdění

Dráha, kterou vozidlo ujede v době náběhu brzdění.

##### - Dráha účinného brzdění

Je dráha, kterou vozidlo ujede od počátku vzniku brzdné síly do úplného vymizení brzdné síly. Při zastavení vozidla za stálého tlaku v brzdové soustavě, je za konec času účinku brzd považován okamžik zastavení vozidla.

#### - Dráha doběhu brzdění

Dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič přestane působit na brzdu vozidla až do doby pominutí brzdného účinku.

### 2.4.3 Brzdné zpomalení

Brzdné zpomalení  $a$  ( $\text{m/s}^2$ ) je snížení rychlosti vozidla působením brzdy (provozní, odlehčovací,...) za 1 s. Zpomalení se dělí na okamžité, které se zjistí z přímého měření nebo z diagramů získaných ze zvláštních měřících přístrojů a na zpomalení střední, které se vypočítá z následujícího vztahu [JAN,ŽDÁNSKÝ, 2001].

$$a = \frac{v^2}{25,9 \cdot s}$$

$v$  - rychlost vozidla (km/h)  
 $s$  - brzdná dráha (m)

### 2.5 Konstrukční rozdělení brzd

Podle práce [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001; Antiblokovací brzdové systémy].

Vozidla jsou vybavena buď brzdami kotoučovými nebo bubnovými. Kotoučovými brzdami jsou dnes téměř bezvýhradně vybavena přední kola a u některých vozidel, převážně sportovních nebo těžkých osobních i kola zadní. Bubnové brzdy, u kterých je poměrně lehká montáž parkovací brzdy, jsou použity na zadních kolech většiny osobních automobilů. U těchto třech brzdových systémů je energie, která je vyvinuta a přenášena v systému brzdy, využita k přitlačení brzdového obložení na buben nebo kotouč.

Brzdy automobilů, ať už to jsou kotoučové nebo bubnové, lze posuzovat z hlediska požadavků jako rovnocenné. U vozidel s kotoučovými brzdami na předních i zadních kolech jsou zadní kola vybavena ještě brzdou bubnovou, která slouží jako parkovací.

Základní požadavky na brzdy kol automobilů jsou především krátká brzdná dráha, krátký čas reakce a co nejrychlejší dosažení maximálního brzdného účinku. Další

požadavky na brzdy jsou dostatečná schopnost absorbovat teplo, brzdové odložení musí mít stejné třecí vlastnosti ve velkém rozmezí teploty, dostatečný přívod vzduchu k brzdám z důvodu chlazení a odvádění vytvořeného tepla. Splnění těchto požadavků je nutné proto, aby při dlouhém a vícekrát opakovaném brzdění z vysoké rychlosti nedocházelo ke snižování účinku brzdění. Z těchto požadavků vyplývá, že kotoučové brzdy mají lepší vlastnosti než brzdy bubnové, proto jsou upřednostňovány. Z hlediska bezpečnosti jsou tyto požadavky velmi důležité, a proto jsou nároky na brzdy velmi vysoké.

### **2.5.1 Kotoučové brzdy**

#### **- Kotoučové brzdy s pevným třmenem**

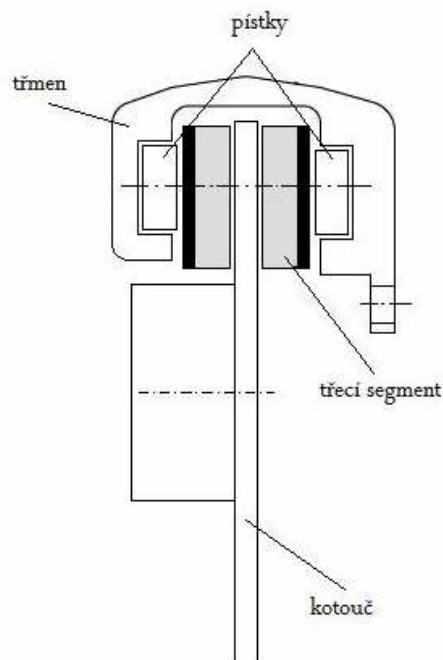
Kotoučová brzda s pevným třmenem (obr. 3) může být dvoupístková, čtyřpístková nebo šestipístková. Třmen brzdy je pevně spojen s některou částí zavěšení kola a na každé straně kotouče je polovina pístků. Válečky, ve kterých se pohybují pístky, musí být propojeny buď kanálky nebo brzdovým potrubím. Hydraulický tlak, který je přenášen brzdovou kapalinou, se přivádí brzdovým potrubím do brzdových válečků. Zde působí silou na pístky, které tlačí proti obložení (brzdové destičky) a obložení tlačí z obou stran na brzdový kotouč.

Kotoučové brzdy s pevným třmenem se díky své vysoké pevnosti používají především v rychlých nebo těžkých osobních automobilech. Nevýhodou těchto brzd je jejich zvýšená teplotní citlivost oproti brzdám s plovoucím třmenem, a to především při delším zatížení (časté brzdění z vysoké rychlosti, dlouhá jízda z kopce), která se projevuje nadměrným ohřevem brzdové kapaliny a tím vytvořením parních bublin, což může znamenat větší náchylnost těchto brzd k poruchám.

Samočinné nastavení vůle u kotoučových brzd je dosaženo těsnícím pryžovým kroužkem, který je umístěn v drážce brzdového válečku a utěsňuje pístek. Pryžový kroužek má menší průměr než pístek, pístek je tedy obepínán s předpětím. Při brzdění se s pohybem pístku pružně deformuje těsnící kroužek. Při poklesu tlaku v brzdové kapalině se vrací deformovaný kroužek do původní polohy a tím vrací pístek zpět do válce brzdy silou, jakou byl deformován z původní polohy. Pístek se posune zpět

a vznikne takzvaná brzdová vůle, která činí asi 0,15 mm. U kotoučových brzd je tato vůle dostačující a je tvořena i házením brzdových kotoučů. Další nastavování nebo seřizování kotoučových brzd díky samočinnému nastavení není nutné.

Obr. 3: Kotoučová brzda s pevným třmenem  
podle [<http://fs1.vsb.cz/~ric69/Sumperk/Brzdy.pdf>]



#### - Kotoučové brzdy s plovoucím třmenem

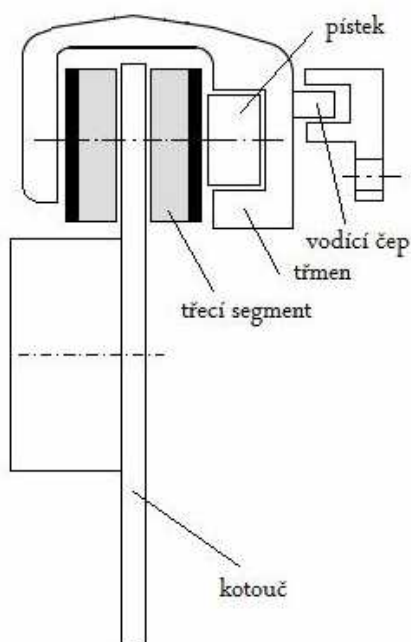
Kotoučové brzdy s plovoucím třmenem (obr. 4) mají oproti kotoučovým brzdám s pevným třmenem menší rozměry a hmotnost, z toho důvodu se používají u všech vozidel s malým zástavbovým prostorem (negativní poměr rejdu).

Držák brzdy je pevně spojen s některou z částí zavěšení kola. V držáku jsou vytvořeny dvě dutiny, ve kterých je umístěna teflonová vložka, v ní se pohybuje vodící čep, ke kterému je připevněn plovoucí třmen. Tlak přenášený brzdovou kapalinou je přiveden brzdovým potrubím do brzdového válečku ve třmenu brzdy. Zde působí na pístky, které tlačí proti obložení (brzdové destičky) a obložení tlačí z jedné strany na brzdový kotouč. Zvýšení tlaku na brzdový kotouč působí i na třmen brzdy, který se pomocí vodících čepů posouvá proti brzdnému pístku a tím přitlačuje k brzdnému kotouči i druhou brzdovou destičku. S následným zvýšením tlaku jsou obě brzdové destičky stejnoměrně přitlačovány proti brzdovému kotouči.

Vlivem umístění pístku pouze na jedné straně kotouče, se snižuje pravděpodobnost nadměrného zahřátí brzdové kapaliny a tedy i vzniku parních bublin v brzdové kapalině při intenzivním nebo častém brzdění. U brzdy s plovoucím třmenem je také velmi jednoduchá výměna brzdových segmentů. Po uvolnění upevňovacích šroubů stačí plovoucí třmen odklopit a třecí segmenty vyjmout a vyměnit za nové. Plovoucí třmen je náchylný k zadření vodících čepů držáku brzdy. To má za následek snížení brzdného účinku proto, že je přitlačována proti kotouči pouze jedna brzdová destička.

Nastavení vůle mezi kotoučem a brzdovými destičkami je zajištěno samočinným nastavením jako u brzdy s pevným třmenem.

Obr. 4: Kotoučová brzda s plovoucím třmenem  
podle [<http://fs1.vsb.cz/~ric69/Sumperk/Brzdy.pdf>]



### 2.5.2 Brzdový kotouč

Brzdový kotouč spolu s brzdovým obložením slouží k vyvinutí třecí, tedy brzdící síly pro zpomalení nebo úplné zastavení vozidla. Brzdový kotouč má obvykle tvar talíře a pokud je určený pro brzdění zadního kola, bývá v něm umístěna mechanicky ovládaná parkovací bubnová brzda.



Materiál, ze kterého se brzdové kotouče vyrábějí, je temperovaná litina nebo ocelolitina obsahující legující prvky. Brzdové kotouče se dělí na masivní a s vnitřním chlazením, které se používají u vysoce namáhaných brzd. Vnitřní chlazení je zajištěno proudícím vzduchem pomocí radiálně uspořádaných vzduchových kanálů, které vytvoří ventilační efekt. Pro dosažení nízkého ohřevu může být kotouč vybaven ještě přídatnými otvory, které zajišťují nízký ohřev, menší hmotnost a samočisticí schopnost kotouče. Někdy se můžeme u kotoučů setkat i se spirálovými drážkami vytvořenými na třecí ploše. Tyto drážky slouží k indikaci opotřebení kotouče, k samočisticí schopnosti kotouče a k urychlení záběhu brzdových destiček.

### **2.5.3 Brzdové obložení**

Brzdové obložení pro kotoučové brzdy je přilepeno na kovové nosné segmenty a u bubnových brzd je buď přinýtováno nebo také přilepeno na brzdové čelisti. Nároky na brzdové obložení jsou především stálá tepelná pevnost, dlouhá životnost, stejný součinitel tření při vysokých teplotách a necitlivost vůči vodě. Materiál, ze kterého se brzdové obložení vyrábí, je většinou organického původu nebo pro extrémně vysoké namáhání ze spékaných práškových kovů.

Součinitel tření brzdového obložení se pohybuje kolem hodnoty větší než 0,4 a tepelná odolnost je do teploty 800 °C.

### **2.6 Brzdová kapalina**

Zpracováno podle [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001;  
<http://fs1.vsb.cz/~ric69/Sumperk/Brzdy.pdf>].

Požadavky na vlastnosti brzdové kapaliny jsou vysoké. Zaručení správného ovládání brzdové soustavy za všech teplotních podmínek, neměnnost složení a hustoty kapaliny v rozmezí od -50 °C do +200 °C i více a co nejmenší stlačitelnost. Při brzdění se do kapaliny přenáší z brzdových částí tolik tepla, že je zahřátá až na teplotu 130 °C, při prudkém brzdění může dosáhnout i teplot vyšších.

Brzdová kapalina musí být chemicky neutrální, dále musí být šetrná vůči brzdové soustavě, nesmí korozivně působit na kovové díly a nesmí působit chemicky na pryžové těsnění použité v brzdové soustavě. Další vlastnosti kapaliny jsou přiměřeně mazací a konzervační schopnost, dále schopnost mísitelnosti kapaliny stejné klasifikace, ale různých výrobců. Všechny vlastnosti si musí kapalina udržet co nejdéle.

Pro správný provoz brzdové soustavy je nutné množství brzdové kapaliny pravidelně kontrolovat a udržovat hladinu nad minimální úrovní. Pokud je potřeba, dolijeme kapalinu stejného druhu. Hlavním diagnostickým parametrem je hydroskopičnost. Čím více brzdová kapalina absorbovala vody, tím má menší tepelný bod varu. Například nová kapalina DOT 3 má bod varu 205 °C a musí se vyměnit při minimálním bodu varu 140 °C, kdy už obsahuje zhruba 3,5 % vody. Vzdušná vlhkost se do kapaliny dostane odvzdušňovacími otvory, které jsou ve vyrovnávací nádobce a brzdách. Náplň brzdové kapaliny vyměňujeme celou v intervalech stanovených výrobcem vozidla. Nároky na brzdovou kapalinu jsou obsaženy v mezinárodních normách (např: DOT 3, DOT 4, SAE J 1703).

## **2.7 Diagnostika brzdové soustavy**

Zpracováno podle [CRHONEK]

Zkoušky pro diagnostiku brzdové soustavy máme buď jízdní nebo prováděné na zkušebně. Zkouška na zkušebně se dále dělí na válcovou a plošinovou. Válcové zkušebny dále dělíme na pomaluběžné a rychloběžné.

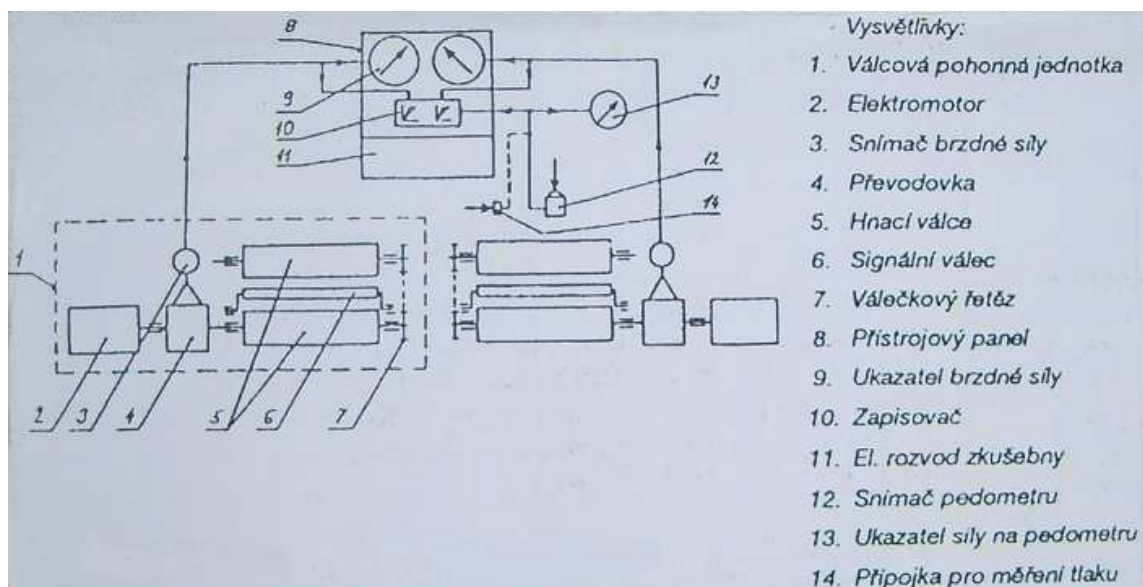
Rychloběžná válcová zkušena se používá při vývoji brzd, vozidlo roztočí setrvačnick, který simuluje hmotnost vozidla na maximální rychlost a poté ho z této maximální rychlosti brzdí. Brzdná dráha je následně vypočítána.

Pomaluběžná válcová zkušebna (obr. 5) se skládá ze dvojce dvou spřažených hnacích válců, každá dvojce válců má své ovládání a je poháněna elektromotorem přes převodovku. Převodovka je k rámu zkušebny uchycena přes momentové rameno a mezi momentovým ramenem a rámem zkušebny je umístěn tenzometrický snímač. Přenos

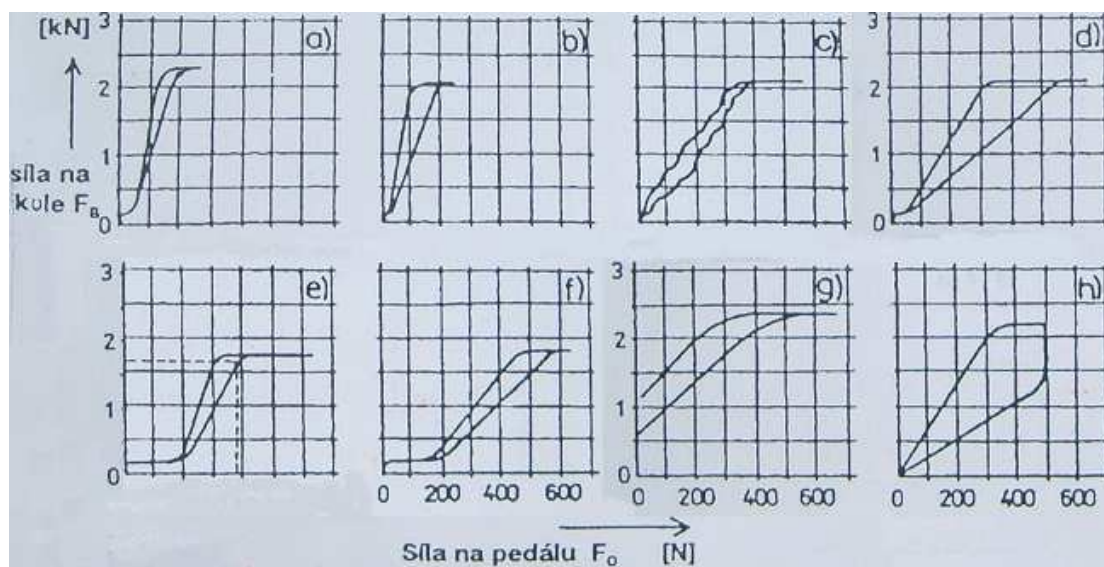
do měřicího zařízení se dříve prováděl mechanicky, dnes je přenos zajištěn elektrickým signálem. Signální válec, který je umístěn mezi hnacími válci, má za úkol sledovat blokování kola. Pokud signální válec vyhodnotí, že kolo začne blokovat, vypne elektromotor. Signální válec má dvojí provedení. Starší provedení je stykačové. Vychází z toho, že jakmile kolo začne blokovat, nadzvedne se a tím je vypnut elektromotor. Druhé, tedy novější provedení signálního válce, pracuje spolu s fotosnímačem, který sleduje otáčky hlavního a signálního válce. Jestliže se signální válec začne zpomalovat, vypne elektromotor. Ovládací sílu snímá pedometr, který se umísťuje na brzdový pedál a elektrickým signálem přenáší ovládací sílu do počítače. Počítač vyhodnocuje signály ze snímačů a na monitoru znázorňuje naměřené hodnoty, které lze následně vytisknout včetně grafů.

Grafy měření brzdného účinku jsou znázorněny na obr. 6, grafy udávají na svislé ose brzdou sílu na kole, na vodorovné ose sílu působící na brzdový pedál. Účinek parkovací brzdy je zaznamenán pouze na svislé ose. Na grafu rozeznáváme základní orientační body, valivý odpor kola, průběh náběhu brzdění, zablokování kola, průběh odbrzdění do výchozí polohy. Podle tvaru grafů můžeme diagnostikovat různé závady brzdové soustavy. Na obr. 7 je znázorněn graf brzdného účinku s fungujícím posilovačem a s vyřazeným posilovačem brzdného účinku. Z grafu jasně vyplývá, že ovládací síla na pedálu brzdy je u vyřazeného posilovače brzdného účinku výrazně větší než při fungujícím posilovači.

Obr. 5: Schéma uspořádání válcové zkušebny

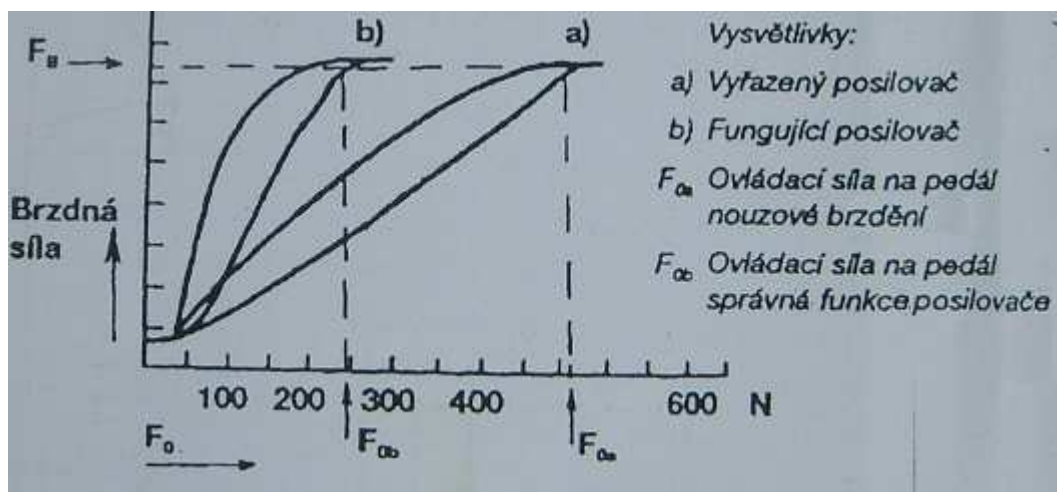


Obr. 6: Záznamy měření brzdného účinku brzd



- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| a,b) dobrá funkce brzd              | f) mastná brzdy                         |
| c) nadměrná ovalita brzdového bubnu | g) brzda trvale brzdí                   |
| d) nadměrná hystereze               | h) v činnosti je omezovač ovládací síly |
| e) příliš silné vratné pružiny      |   |

Obr. 7: Záznam brzdových účinků s posilovačem brzd



### **3. Přehled současného stavu**

#### **3.1 Popis sledovaných vozidel**

Provozní hodnocení brzd osobních automobilů se skládá ze zjištění stávajícího stavu brzd na jednotlivých vozidlech. Vozidla zvolená za tímto účelem jsou Škoda Felicia 1.3 Mpi, rok výroby 1999. Dalším vozidlem je Nissan Almera 1,5, rok výroby 2002, posledním sledovaným vozidlem je Opel Astra 1,4, rok výroby je 1991.

##### **3.1.1 Škoda Felicia**

Podle práce [CEDRYCH, 1998].

První sledované vozidlo je Škoda Felicia, s motorem 1,3 MPi a výkonem 50 kW. Vozidlo je vybaveno provozní dvoukruhovou kapalinovou brzdou s diagonálním uspořádáním brzdových okruhů, které je použito u většiny vozidel s poháněnou přední nápravou (obr. 8). Brzdný účinek je zesílen podtlakovým posilovačem brzdného účinku, podtlak pro zesílení brzdného účinku je odebírán ze sacího potrubí motoru. Účinky prvního a druhého okruhu jsou u tohoto vozidla v poměru 1:1. První okruh má vývody na tandemovém hlavním brzdovém válci blíže k posilovači, druhý okruh má vývody dále od posilovače (vpředu). První okruh ovládá brzdy pravého předního a levého zadního kola, u druhého okruhu to je opačně, tedy levého předního a pravého zadního kola. Přední kola mají brzdy kotoučové a zadní kola jsou vybavena brzdami bubnovými.

Brzdová kapalina předepsaná výrobcem je DOT 4; ISO 4925; SAE J 1703. Hladina brzdové kapaliny je sledována snímačem umístěným v zátce nádržky brzdové kapaliny. Pokles brzdové kapaliny pod povolenou mez je signalizován na přístrojové desce. Výměna brzdové kapaliny je stanovena výrobcem na každé dva roky.

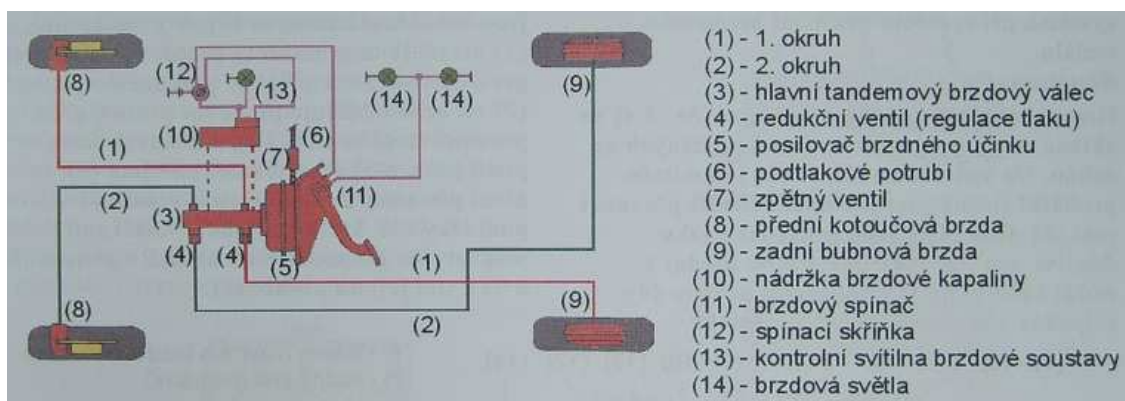
Parkovací brzda tohoto vozidla působí pouze na brzdy zadních kol, brzdná síla je vytvářena ovládací pákou a přenášena mechanicky pomocí brzdových ocelových lan vedených lanovody. Přední i zadní brzdy mají samočinné nastavení vůle. Z důvodu

základního provedení automobilu má sledované vozidlo regulaci brzdného účinku na zadní nápravě řešenou pouze rozdělovacími (regulačními) ventilkou. Ostatní automobily Škoda Felicia mají regulaci brzdného účinku na zadní nápravě řešenou zátěžovým regulátorem.

Přední kola mají kotoučové brzdy s plovoucími třmeny. Třmeny jsou jednopístkové a průměr pístku je 54 mm. Třmen je upevněn na dvou vodících čepech opatřených pryžovou manžetou, která chrání čep před prachem. Pro správnou funkčnost brzd musí být třmen volně posuvný po vodících čepech. Vodící čepy mažeme pastou stanovenou výrobcem. Nové třecí segmenty mají tloušťku 17,7 mm (měřeno s kovovou deskou a proti vibrační fólii), maximální opotřebení třecích segmentů je na tloušťku 7 mm. Při výměně je nutné měnit třecí segmenty současně na obou brzdách předních kol. Kotouče jsou odlitky z šedé litiny. Vnější průměr kotouče je 236 mm a maximální tloušťka nového kotouče je 12,9 mm. Maximální opotřebení je 1,5 mm tedy tloušťka 11,4 mm.

Zadní kola mají čelistové bubnové brzdy. V bubnové brzdě je vestavěno ústrojí pro kapalinové ovládání provozní brzdy a mechanické ovládání parkovací brzdy. Nastavení provozní vůle mezi čelistí a brzdovým bubnem je samočinné. Na štítu brzdy, který slouží jako držák brzdových čelistí, je upevněno brzdové ústrojí provozní i parkovací brzdy. Funkční průměr brzdového bubnu je 200 mm a je možno ho renovovat na maximální průměr 201 mm. Pracovní válec zadní brzdy má průměr 19,05 mm. Třecí obložení je nanýtováno na brzdové čelisti. Nové brzdové obložení má tloušťku 5,1 mm a šířku 40 mm a smí být opotřebeno na minimální tloušťku 2,5 mm.

Obr. 8: Dvoukruhová brzdová soustava Škoda Felicia  
podle [JAN, ŽDÁNSKÝ, 2001].



### 3.1.2 Nissan Almera

Zpracováno podle [Nissan Europe N.V., 2001].

Druhé sledované vozidlo je Nissan Almera se zážehovým motorem o objemu válců 1498 cm<sup>3</sup> a výkonu 66 kW. Provozní brzda je řešena dvěma diagonálně uspořádanými brzdovými okruhy. Účinky prvního a druhého okruhu jsou v poměru 1:1, brzdný účinek je zesílen pomocí podtlakového posilovače brzdného účinku, který odebírá potřebný podtlak pro zesílení brzdného účinku ze sacího potrubí motoru. První brzdový okruh ovládá brzdy na levém předním a pravém zadním kole a druhý okruh ovládá brzdy na pravém předním a levém zadním kole. Vozidlo je vybaveno na přední nápravě kotoučovými brzdami s vnitřním chlazením a na zadní nápravě bubnovou brzdou, která slouží i jako parkovací.

Výrobce předepsaná brzdová kapalina je DOT 4. Interval stanovený výrobcem pro výměnu celé náplně brzdové kapaliny je dva roky. Hladina brzdové kapaliny ve vyrovnávací nádrži je jako u vozu Škoda Felicia sledována snímačem umístěným v zátce nádobky a případný pokles pod minimální hladinu je signalizován na přístrojové desce.

Přední kola mají kotoučové brzdy s plovoucím třmenem, kotouče mají vnitřní chlazení pro lepší odvod tepla. Třmeny kotoučových brzd jsou jednopístkové a průměr pístku je 57 mm. Plovoucí třmen je upevněn na dvou vodících čepech opatřených pryžovou manžetou, která brání vniknutí prachu do posuvného čepu. Aby brzdy správně fungovaly, musí být třmen brzd volně posuvný. Z toho důvodu je potřeba vodící čepy mazat. Tloušťka nových třecích segmentů je 17,5 mm (tloušťka i s kovovou deskou), maximální opotřebení třecích segmentů je na tloušťku 7,5 mm. Třecí segmenty se musí vždy měnit všechny čtyři (jedna sada). Kotouče s vnitřním chlazením jsou odlity z šedé litiny a mají vnější průměr 257 mm. Tloušťka nového kotouče je 22 mm a minimální tloušťka kotouče stanovená výrobcem vozidla je 20 mm.

Vzhledem k tomu, že vozidlo není vybaveno systémem ABS, má na zadní nápravě místo kotoučových brzd bubnové. Funkční průměr brzdového bubnu je 203 mm a mezní průměr stanovený výrobcem je 204,5 mm, při dosažení tohoto průměru se musí brzdové bubny vyměnit za nové. Třecí obložení je nalepeno na brzdové čelisti, nové má

tloušťku 4,5 mm, minimální tloušťka je 2,5 mm, šířka brzdového obložení je 37 mm. Bubnová brzda má dvojí ovládání, mechanicky je ovládána parkovací brzda a hydraulicky brzda provozní. Nastavování provozní vůle mezi brzdovou čelistí a bubnem je u tohoto vozidla samočinné a zajišťuje krátký chod brzdového pedálu.

Parkovací brzda je u tohoto vozidla ovládána mechanicky pomocí ocelových lan vedených v lanovodech. Brzdná síla je tvořena pomocí mechanické ručně ovládané páky. Regulace provozní brzdy na zadní nápravě je zajištěna zátěžovým regulátorem brzdné síly. Regulátor je pevně spojen s karoserií vozidla a pákový mechanismus ho spojuje se zadní nápravou. Tlak je tedy regulován podle zatížení zadní nápravy.

### **3.1.3 Opel Astra**

Zpracováno podle [ETZOLD, 2008].

Další sledované vozidlo je značky Opel a model vozu je Astra 1,4 karavan. Motor tohoto vozu je zážehový a disponuje výkonem 44 kW. Provozní brzda je řešena dvěma diagonálně uspořádanými okruhy. Brzdný účinek okruhů je rozdělen v poměru 1:1, jeho zesílení zajišťuje podtlakový posilovač brzdného účinku, který je napojen na sací potrubí na motoru. První okruh se stará o jedno přední a jedno zadní diagonálně umístěné kolo a druhý okruh se stará o druhé přední kolo a druhé zadní.

Přední náprava sledovaného vozidla je vybavena kotoučovými brzdami s jednolistovým plovoucím třmenem. Kotouče použité u tohoto vozidla jsou plné, tedy bez vnitřního chlazení. Vnější průměr kotouče je 236 mm, tloušťka nového kotouče je 12,6 mm a maximální opotřebení je 1,9 mm a odpovídá tloušťce kotouče 10,7 mm. Pokud je tloušťka kotouče menší, musí se vyměnit za nový. Nové třecí segmenty mají tloušťku 16,5 mm (měřeno i s kovovou deskou) a minimální tloušťka je 7,5 mm. Plovoucí třmen je upevněn dvěma vodícími šrouby, po kterých musí být třmen pro správnou funkčnost brzd volně pohyblivý. V plovoucím třmenu brzdy je umístěn jeden pístek o průměru 52 mm.

Zadní náprava je opatřena brzdami bubnovými, které jsou vybaveny jak provozní (hydraulickou) brzdou, tak parkovací (mechanickou) brzdou. Funkční průměr



brzdového bubnu je 200 mm a maximální repasovaný průměr brzdového bubnu stanovený výrobcem je 201,3 mm. Tloušťka třecího obložení připevněného k brzdové čelisti je 5 mm a minimální tloušťka je 2,5 mm. Šířka brzdového obložení je 45 mm. Nastavování provozní vůle mezi třecím obložением a bubnem brzdy je zajištěno samočinným mechanismem.

V bubnových brzdách je také umístěno zařízení parkovací brzdy, které je ovládáno mechanicky pomocí ocelových lan vedených pomocí lanovodů. Brzdná síla je vytvářena mechanickou ručně ovládanou pákou parkovací brzdy. Provozní brzda je na zadní nápravě regulována zátěžovým regulátorem brzdného účinku, který je pevně připevněn ke karoserii vozidla a je ovládán pomocí pákového mechanismu připevněného k zadní nápravě.

Vozidlo má výrobcem stanovenou brzdovou kapalinu DOT 4, kompletní výměna brzdové kapaliny se musí provádět ve výrobcem stanoveném intervalu každé dva roky. Hladina brzdové kapaliny je ve vyrovnávací nádobce sledována a případný pokles brzdové kapaliny pod stanovenou mez je signalizován na přístrojové desce. Hladinu sleduje snímač umístěný v zátce vyrovnávací nádobky.

## **3.2 Popis měření**

### **3.2.1 Popis měření tloušťky brzdových kotoučů a třecích segmentů**

Při měření brzdových kotoučů a třecích segmentů jsem postupoval následovně. Nejprve jsem zajistil vozidlo proti pohybu tak, že jsem zakládacími klíny zajistil zadní kola proti pohybu dopředu i dozadu. Dalším krokem bylo povolení šroubů, kterými jsou připevněna přední kola k nápravě. Následovalo zasunutí pojezdového zvedáku pod vozidlo a zvednutí vozidla za nápravu. Po zvednutí vozidla jsem vypodložil zvednuté vozidlo dřevěnými trámky, abych zabránil případnému pádu vozidla. Vyšrouboval jsem již povolené šrouby držící kolo a kolo demontoval, následovalo uvolnění třmenu brzdy povolením šroubů držících třmen brzdy na vodících čepech.

Po demontáži šroubů byl brzdící třmen sesunut z brzdového kotouče a následně demontovány třecí segmenty.

Třecí segmenty byly spolu s držákem třmenu a třmenem pečlivě očištěny ocelovým kartáčem. Hrubé nečistoty jsem odstranil pilníkem. Po kontrole pryžového těsnění pístku následovala demontáž vodících čepů, jejich vyčištění a promazání. Při následné montáži vodících čepů jsem zkontroloval pryžovou krycí manžetu, která je navlečena na držáku třmenu a vodících čepech a brání vniknutí prachu a nečistot do vodícího čepu.

Brzdící segmenty jsem měřil vždy na dvou místech (obr. 9) z důvodu nesouměrného opotřebení. Segmenty byly při měření nejprve označeny (foto 1), aby bylo při dalším měření jasné, o jaký segment se jedná a jestli byl na levé nebo pravé straně kotouče. Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulek, ve kterých jsem uvedl i tloušťku nových třecích segmentů a maximální opotřebení.

Před měřením tloušťky brzdového kotouče jsem nejprve kotouč očistil od nečistot. Následovalo měření jeho tloušťky. Toto měření je pouze orientační z důvodu nesouměrného opotřebení. V tabulce je uvedeno průměrem naměřených hodnot. V tabulce jsou rovněž uvedeny tloušťka nového kotouče a maximální opotřebení, tedy minimální tloušťka kotouče.

Dále následovala zpětná montáž třecích segmentů a třmene brzdy, nasazení kola, našroubování a dotáhnutí šroubů držících kolo. Po sundání vozidla ze zvedáku byly dotaženy šrouby držících kolo. Stejným způsobem jsem postupoval i u druhého předního kola.

Obr. 9: Místa měření třecích segmentů

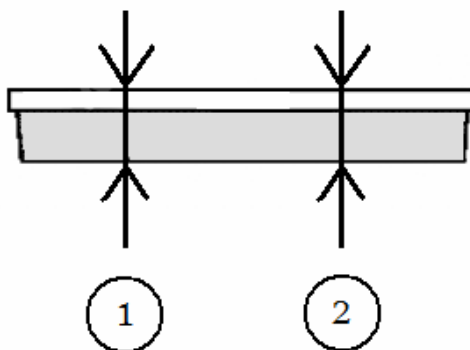


Foto 1: Označení třecích segmentů



### 3.2.2 Popis zjištění stavu brzd

K zjištění stavu brzd sledovaných vozidel byla použita válcová zkušebna značky Roboterm (foto 2). Postup měření na této zkušebně se skládá z několika kroků. Prvním krokem je zapnutí zkušebny a spuštění kalibrace měřících zařízení. Druhý krok je výběr testu, buď kompletní test, který se skládá z testu tlumičů a brzd nebo samostatný test tlumičů nebo brzd.

Během testu brzd postupujeme podle pokynů na monitoru. Nejprve se měří brzdná síla provozní brzdy na přední nápravě a následně na zadní nápravě. Po změření provozní brzdy se měří brzdná síla parkovací brzdy. Během měření se znázorňuje aktuální brzdná síla na monitoru spolu s rozdílem brzdné síly pravého a levého kola v procentech.

Na této válcové zkušebně byly změřeny u všech tří vozidlech účinky provozní brzdy vpředu, provozní brzdy vzadu a účinky parkovací brzdy. Vzhledem k tomu, že na válcové zkušebně, na které probíhalo měření, je nefunkční pedometr (snímač ovládací síly působící na pedál brzdy), nejsou naměřeny brzdné síly v závislosti

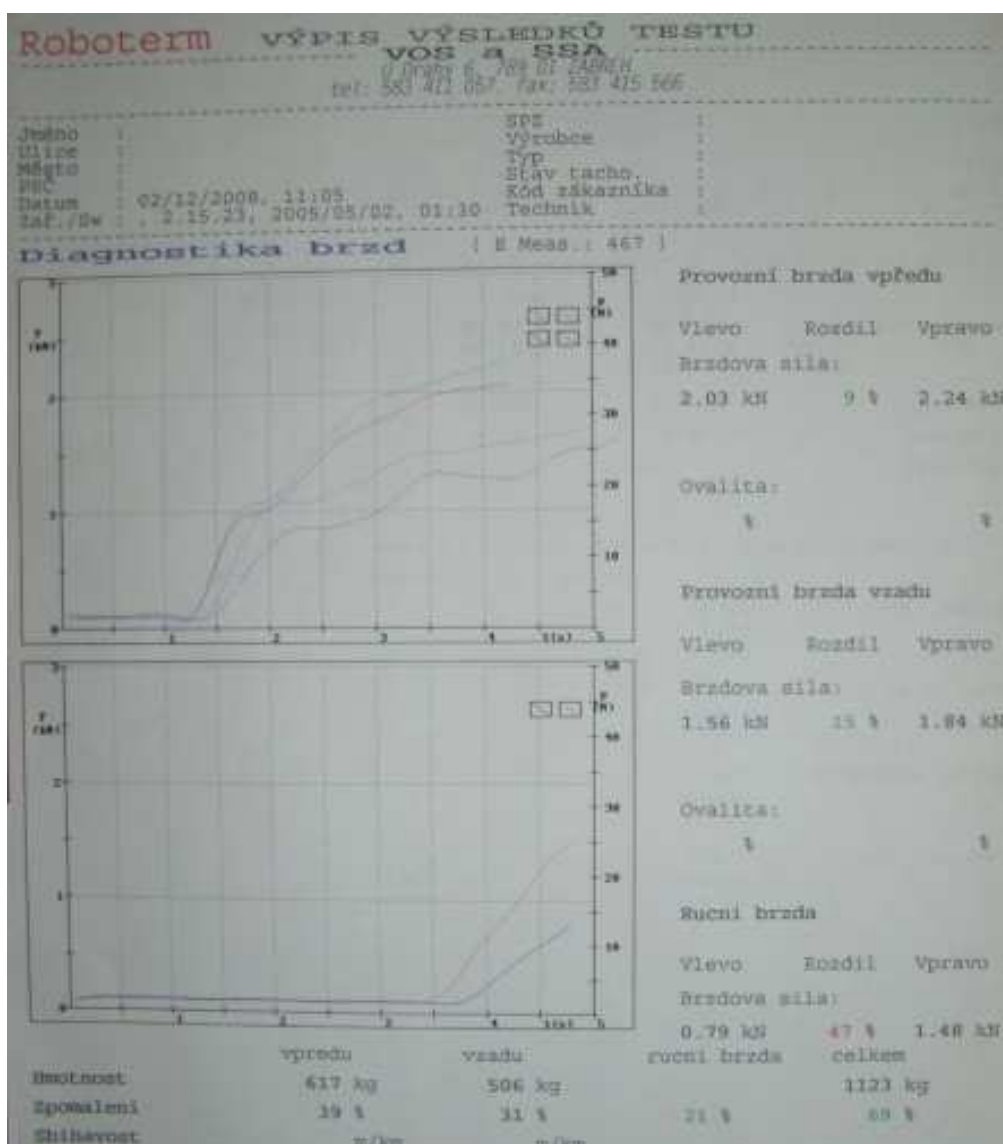
na ovládací síle, ale jsou naměřeny pouze brzdné síly jednotlivých kol v závislosti na čase. Z tohoto důvodu není také naměřena případná ovalita brzdových bubnů a házivost kotoučů. Po změření provozní a parkovací brzdy byl vytisknut výpis výsledků testu (obr. 10) .

Na výpisu je vykreslen graf, který znázorňuje brzdnou sílu  $F$  (kN) v závislosti na čase  $t$  (s). V prvním grafu je znázorněn průběh provozní brzdy přední i zadní nápravy a v druhém grafu je znázorněn průběh parkovací brzdy. Vedle grafů jsou vypsány číselné hodnoty s procentuálním rozdílem brzdné síly a případná ovalita. Ve spodní části výpisu výsledků testu je hmotnost působící na jednotlivé nápravy, brzdné zpomalení na jednotlivých nápravách a sbíhavost. Pro vypsání těchto údajů je nutné provést kompletní test, který se skládá z testu sbíhavosti, testu tlumičů a testu brzd.

Foto 2: Válcová zkušebna Robotem



Obr. 10: Výpis výsledků testu



### 3.3 Stav na začátku sledování

#### 3.3.1 Tloušťka třecích segmentů na začátku sledování

K měření tloušťky třecích segmentů jsem použil posuvné měřidlo SOMET INOX EXTRA s přesností 1:20 mm.

Naměřené hodnoty 1 a 2 (obr. 9) na začátku sledování jsem zapsal do tabulek, které jsem doplnil o průměr naměřených hodnot každého třecího segmentu, tloušťku nových segmentů, minimální (mezní) tloušťku segmentů a o opotřebení v procentech. Při výpočtu jsem od průměrné naměřené tloušťky a tloušťky nových segmentů odečetl minimální tloušťku třecích segmentů. Z těchto hodnot jsem vypočítal opotřebení v %.

$$O = 100 - \frac{100 - M}{N} = \quad [\%]$$

O- opotřebení [%]

M- tloušťka měřeného třecího segmentu [mm]

N- tloušťka nového třecího segmentu [mm]

Naměřené hodnoty vozidla Škoda Felicia jsou zapsány v tabulce 1. Naměřené tloušťky třecích segmentů odpovídají přibližně 20 % opotřebení třecích segmentů a tloušťka kovové desky je 5 mm.

V tabulce 2 jsou zapsány naměřené hodnoty vozidla Nissan Almera. U tohoto vozidla je tloušťka kovové desky třecích segmentů 5,5 mm a opotřebení odpovídá přibližně 50 %. U tohoto vozidla je tloušťka brzdového kotouče menší než minimální. Z tohoto důvodu doporučuji vyměnit brzdové kotouče za nové. Při montáži nových kotoučů výrobce doporučuje i montáž nových třecích segmentů.

Vozidlo Opel Astra má tloušťku kovové desky 5,5 mm. Naměřené hodnoty jsou zapsány v tabulce 3 a opotřebení třecích segmentů je přibližně 40 %. Tloušťka brzdového kotouče je o více jak 1 mm menší než minimální síla. Doporučuji výměnu brzdových kotoučů za nové i s třecími segmenty.

Tabulka 1: Tloušťka třecích segmentů na začátku sledování na voze Škoda Felicia

Škoda Felicia 60 184 km						
Třecí segment	Tloušťka [mm]					Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	Nový	Mezní	
L-1	15,55	15,35	15,45	17,7	7	21
L-2	15,85	15,45	15,65	17,7	7	19
R-1	15,55	15,6	15,58	17,7	7	20
R-2	15,7	15,35	15,53	17,7	7	20
Levý kotouč	11,3	-	-	12,6	10,5	-
Pravý kotouč	11,35	-	-	12,6	10,5	-

Tabulka 2: Tloušťka třecích segmentů na začátku sledování na voze Nissan Almera

Nissan Almera 179 847 km						
Třecí segment	Tloušťka [mm]					Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	Nový	Mezní	
L-1	13,35	13,5	13,43	17,5	7,5	41
L-2	13,4	13,45	13,43	17,5	7,5	41
R-1	12,25	12,3	12,28	17,5	7,5	52
R-2	11,6	11,6	11,60	17,5	7,5	59
Levý kotouč	19,8	-	-	22	20	-
Pravý kotouč	19,7	-	-	22	20	-

Tabulka 3: Tloušťka třecích segmentů na začátku sledování na voze Opel Astra

Opel Astra 174 712 km						
Třecí segment	Tloušťka [mm]					Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	Nový	Mezní	
L-1	13,6	13,8	13,70	17,5	7,5	38
L-2	13,7	13,8	13,75	17,5	7,5	38
R-1	14,4	14,8	14,60	17,5	7,5	29
R-2	13,7	13,9	13,80	17,5	7,5	37
Levý kotouč	8,4	-	-	12,5	9,7	-
Pravý kotouč	8,5	-	-	12,5	9,7	-

### 3.3.2 Stav brzd na začátku sledování

Naměřené a vytisknuté brzdové síly jednotlivých vozidel jsem zapsal do tabulky 4 i s rozdílem naměřených hodnot. Výpisy výsledků testů jsou v příloze.

Na vozidle Škoda Felicia byla místo zadní provozní brzdy naměřená parkovací brzda a provozní brzda nebyla omylem naměřena vůbec. U tohoto vozidla je naměřená velká nesouměrnost parkovací brzdy která činí 47 %. Nesouměrnost přední provozní brzdy je jen 2 % (příloha 1).

Vozidlo Nissan Almera má naměřenou nesouměrnost provozní brzdy na obou nápravách jen 4 % a parkovací brzdy 11 % (příloha 2).

Naměřená nesouměrnost brzdného účinku na voze Opel Astra je 9 % provozní brzdy na přední nápravě a 15% na nápravě zadní. Parkovací brzda má nesouměrnost 47 % (příloha 3).

Tabulka 4: Naměřené brzdné síly na začátku sledování

Vozidlo	Brzda	Vlevo [kN]	Vpravo [kN]	Rozdíl [%]
<b>Škoda Felicia</b> 60 136 km	provozní vpředu	1,79	1,76	2
	provozní vzadu	-	-	-
	parkovací	1,35	0,71	47
<b>Nissan Almera</b> 179 805 km	provozní vpředu	2,04	2,12	4
	provozní vzadu	1,73	1,66	4
	parkovací	1,25	1,11	11
<b>Opel Astra</b> 174 682 km	provozní vpředu	2,03	2,24	9
	provozní vzadu	1,56	1,84	15
	parkovací	0,79	1,48	47

### 3.4 Přehled stavu na konci sledování

#### 3.4.1 Tloušťka třecích segmentů na konci sledování

Na konci sledování, tedy po ujetí 3 000 km jsem stejným postupem změřil tloušťky třecích segmentů sledovaných vozidel. Naměřené hodnoty jsem zapsal do tabulek a doplnil o průměr naměřených hodnot každého třecího segmentu. Opotřebení třecích segmentů v procentech bylo vypočítáno stejným způsobem jako na začátku sledování.

Naměřené hodnoty vozu Škoda Felicia jsou zapsány v tabulce 5, vozu Nissan Almera v tabulce 6 a naměřené hodnoty vozu Opel Astra po ujetí 3 000 km jsou v tabulce 7.



Tabulka 5: Tloušťka třecích segmentů na konci sledování na voze Škoda Felicia

Škoda Felicia 63 153 km				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	
L-1	15,2	15,05	15,13	24
L-2	15,45	15,1	15,28	23
R-1	15,2	15,25	15,23	23
R-2	15,4	15,05	15,23	23
Levý kotouč	11,3	-	-	-
Pravý kotouč	11,35	-	-	-

Tabulka 6: Tloušťka třecích segmentů na konci sledování na voze Nissan Almera

Nissan Almera 182 746 km				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	
L-1	13	13,1	13,05	45
L-2	13,1	13,15	13,13	44
R-1	11,9	12,05	11,98	55
R-2	11,15	11,2	11,18	63
Levý kotouč	19,8	-	-	-
Pravý kotouč	19,7	-	-	-

Tabulka 7: Tloušťka třecích segmentů na konci sledování na voze Opel Astra

Opel Astra 177 746 km				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	1	2	Průměr	
L-1	13,15	13,3	13,23	43
L-2	13,2	13,3	13,25	43
R-1	14	14,3	14,15	34
R-2	13,2	13,5	13,35	42
Levý kotouč	8,4	-	-	-
Pravý kotouč	8,5	-	-	-

### 3.4.2 Stav brzd na konci sledování

Po ujetí přibližně 3 000 km jsem sledovaná vozidla znovu změřil na stejné válcové zkušebně jako na počátku měření. Naměřené hodnoty jsem zapsal do tabulky 8. Výpisy výsledků testů jsou zařazeny v příloze.

Na konci sledování stavu brzd měl vůz Škoda Felicia nesouměrnost provozní brzdy na přední nápravě 5 % a na zadní nápravě 36 %. Parkovací brzda měla naměřenou nesouměrnost 55 % (příloha 4).

Vozidlo Nissan Almera mělo po ujetí 3 000 km naměřené nesouměrnosti provozní brzdy na přední nápravě 13 % a na zadní 17 %. Parkovací brzda měla nesouměrnost 24 % (příloha 5).

Poslední sledované vozidlo Opel Astra mělo nesouměrnost provozní brzdy na přední nápravě 19 % a na zadní 35 %. Parkovací brzda měla naměřenou nesouměrnost 60 % (příloha 6).

Tabulka 8: Naměřené brzdné síly na konci sledování

Vozidlo	Brzda	Vlevo [kN]	Vpravo [kN]	Rozdíl [%]
<b>Škoda Felicia</b> 63 086 km	provozní vpředu	2,13	2,03	5
	provozní vzadu	1,73	1,11	36
	parkovací	1,36	0,61	55
<b>Nissan Almera</b> 182 711 km	provozní vpředu	2,14	2,48	13
	provozní vzadu	1,33	1,61	17
	parkovací	1,05	1,37	24
<b>Opel Astra</b> 177 704 km	provozní vpředu	1,73	2,13	19
	provozní vzadu	1,2	1,86	35
	parkovací	0,59	1,46	60

## 4. Provozní hodnocení

Během sledovaného období, které trvalo po dobu najetí přibližně 3 000 km, se s vozidly jezdilo stejným způsobem jako před zahájením sledování. Sledovaná vozidla nejezdila stejnou cestou a také žádné vozidlo nejezdilo jen ve městě nebo mimo město.

Během sledovaného období se na kontrolovaných vozidlech neobjevily žádné vážné závady, jen na vozidle Nissan Almera bylo kvůli dlouhému chodu páky, která ovládá parkovací brzdu, dotaženo ocelové lano. Toto lano přenáší brzdnou sílu na ocelová lana vedená lanovody do pravého a levého brzdového bubnu. Žádné další závady se během sledování neobjevily.

Nejúčinnější provozní brzdou je podle mého názoru vybaveno vozidlo Nissan Almera. Toto vozidlo má největší průměr brzdících kotoučů, které jsou na rozdíl od ostatních sledovaných vozidel vnitřně chlazené. Méně účinnou provozní brzdu má vůz Opel Astra, který má průměr kotoučů téměř stejný jako vozidlo Nissan Almera. Nejméně účinná provozní brzda je na vozidle Škoda Felicia, která má ze sledovaných vozidel nejmenší výkonný motor a nejmenší průměr kotoučů.

Vypočítané opotřebení z naměřených hodnot za sledované období je zapsáno v tabulkách. U vozu Škoda Felicia je zapsáno v tabulce 9, u vozu Nissan Almera v tabulce 10 a u vozu Opel Astra je uvedeno v tabulce 11. Průměr 1 znamená průměr z naměřených tloušťek na začátku sledování, průměr 2 znamená průměr z naměřených tloušťek na konci sledování. Z těchto hodnot byl vypočítán rozdíl a opotřebení v procentech.

Na vozidle Opel Astra bylo naměřeno na konci sledování největší zeslabení třecích kotoučů, které činí skoro 0,5 mm, což představuje 5 % třecího segmentu. To může být zapříčiněno stylem jízdy řidiče, náročností cesty, po které vozidlo jezdilo, nebo také výrobní směsí třecích segmentů. Na vozech Škoda Felicia a Nissan Almera je opotřebení třecích segmentů téměř srovnatelné, přibližně 0,35 mm, což představuje zhruba 3 - 4 % z třecích segmentů. V grafu 1 jsem znázornil opotřebení třecích

segmentů kontrolovaných vozidel. Jednotlivé sloupce představují součet všech naměřených úbytků třecích segmentů sledovaných vozidel.

Tabulka 9: Opotřebení třecích segmentů za sledované období na voze Škoda Felicia

Škoda Felicia				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	Průměr 1	Průměr 2	Rozdíl	
L-1	15,45	15,13	0,32	3
L-2	15,65	15,28	0,38	4
R-1	15,58	15,23	0,35	3
R-2	15,53	15,23	0,30	3

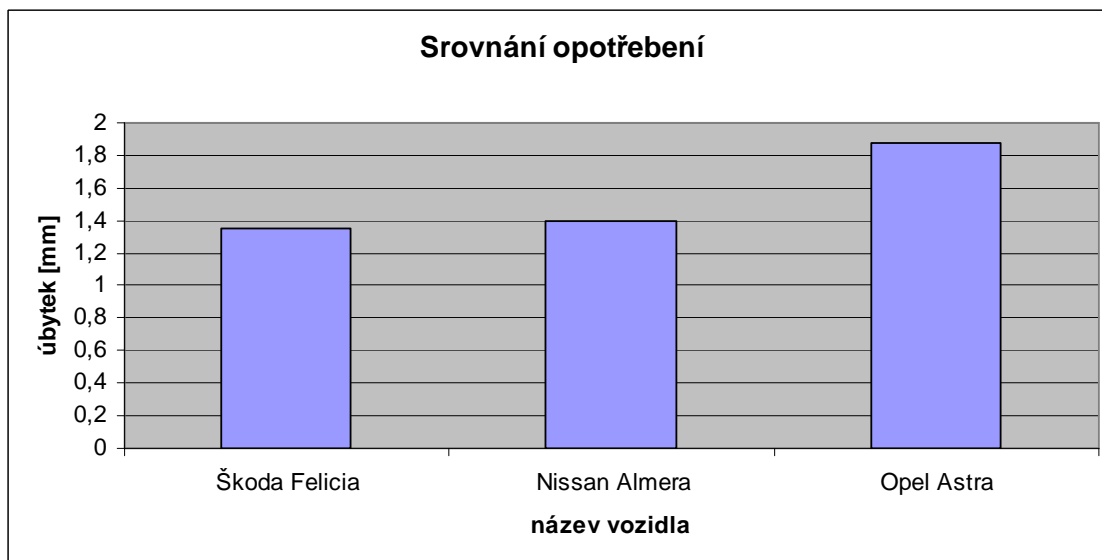
Tabulka 10: Opotřebení třecích segmentů za sledované období na voze Nissan Almera

Nissan Almera				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	Průměr 1	Průměr 2	Rozdíl	
L-1	13,43	13,05	0,38	4
L-2	13,43	13,13	0,30	3
R-1	12,28	11,98	0,30	3
R-2	11,60	11,18	0,42	4

Tabulka 11: Opotřebení třecích segmentů za sledované období na voze Opel Astra

Opel Astra				
Třecí segment	Tloušťka [mm]			Opotřebení [%]
	Průměr 1	Průměr 2	Rozdíl	
L-1	13,70	13,23	0,47	5
L-2	13,75	13,25	0,50	5
R-1	14,60	14,15	0,45	5
R-2	13,80	13,35	0,45	5

Graf 1: Srovnání opotřebení třecích segmentů jednotlivých vozidel



Na válcové zkušebně bylo naměřeno zvětšení nesouměrnosti zadní provozní brzdy na vozidle Opel Astra. Příčina tohoto zhoršení může být zadřený brzdový váleček, zavzdušněná jedna strana brzdového okruhu, nebo také zamaštěné brzdové obložení. U tohoto vozidla je také naměřená velká nesouměrnost parkovací brzdy. To může být způsobeno tím, že se jedno z ocelových lan nemůže volně pohybovat v lanovodu, nebo může být zamaštěné brzdové obložení. U vozidla Škoda Felicia je naměřená velká nesouměrnost provozní brzdy na zadní nápravě i parkovací brzdy. Zde jsou možné stejné příčiny jako u předešlého vozidla. U posledního vozidla Nissan Almera nedošlo během sledování k téměř žádným změnám. Zvětšení nesouměrnosti brzdné síly přibližně o 10 % mohlo být způsobeno měřením, vniknutím nečistoty na třecí segmenty, nebo také zahřáním brzd.

## 5. Zhodnocení a doporučení

Cílem této práce bylo provozní hodnocení brzd automobilů. Pro tento úkol jsem vybral tři vozidla, s kterými bylo během sledování najeto přibližně 3 000 km. Na začátku a konci sledování jsem na válcové zkušebně naměřil účinky brzd na jednotlivých kolech sledovaných vozidel. Další sledování spočívalo v měření úbytku třecích segmentů předních kotoučových brzd.

Během sledování se zvětšila nesouměrnost zadní provozní brzdy a parkovací brzdy na vozidle Opel Astra. Na ostatních sledovaných vozidlech jsou změny zanedbatelné a vznikly patrně v důsledku měření. Opotřebení třecích segmentů se za sledované období, tedy najetí přibližně 3 000 km pohybuje v rozmezí 0,3 až 0,5 mm. Největší opotřebení bylo naměřeno na vozidle Opel Astra a činí průměrně 0,45 mm, což představuje zhruba 5 % z výrobní tloušťky třecích segmentů. Na vozidle Škoda Felicia a Nissan Almera je opotřebení přibližně 3 - 4 %.

K dalšímu provozu vozidel doporučuji v první řadě výměnu brzdových kotoučů na vozidlech Nissan Almera a Opel Astra, z důvodu možného prasknutí, nadměrného zahřátí či zvlnění kotoučů. S výměnou starých kotoučů za nové doporučuji i výměnu třecích segmentů z důvodu nerovnoměrného opotřebení starých segmentů. Montáž nových třecích segmentů doporučují i výrobci vozidel.

Dále doporučuji opravu zadní provozní brzdy a parkovací brzdy na vozidle Škoda Felicia a Opel Astra z důvodu velké nesouměrnosti brzdné síly. V provozu hrozí, že se vozidlo při brzdění dostane do smyku. Podle vyhlášky Ministerstva dopravy č. 102/95 Sb., může být nesouměrnost brzdné síly na jedné nápravě maximálně 30 % (počítáme z větší hodnoty). V tomto stavu by vozidla nesplnila kritéria technické způsobilosti na zákonem daných technických prohlídkách.

## 6. Závěr

Úkolem této práce bylo provozní hodnocení brzd automobilů. Během mého sledování bylo se zvolenými vozidly najeto přibližně 3 000 km. Během této doby jsem sledoval vývoj opotřebení třecích segmentů předních kotoučových brzd, který je v rozmezí 0,3 až 0,5 mm, což je přibližně 3 až 5 % z nových třecích segmentů. Naměřené hodnoty jsou zapsány v tabulkách a celkové opotřebení jednotlivých vozidel v grafu.

Dále jsem doporučil odstranění zjištěných závad na sledovaných vozidlech jako jsou například výměna příliš opotřeбенých brzdových kotoučů na vozidlech Nissan Almera a Opel Astra a oprava zadní provozní brzdy a parkovací brzdy na vozidlech Škoda Felicia a Opel Astra z důvodu velké nesouměrnosti brzdné síly pravého a levého kola. Po odstranění nalezených závad budou hodnocená vozidla z titulu brzdných soustav plně způsobilá k provozu na pozemních komunikacích.

## 7. Literatura:

CEDRICH, Mario. *Automobily Škoda Felicia*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, 1998. 522 s. ISBN 80-7169-718-4.

CRHONEK, Karel: *Osobní sdělení*. VOŠ a SŠ automobilní, U dráhy 6, Zábřeh. [cit. 2004-11-2]

ETZOLD, Hans Rudiger. *Opel Astra F 9/91 - 3/98 Jak na to?*. 6. vyd. České Budějovice: Kopp, 2008. 302 s. ISBN 80-7232-341-5.

Evropská společnost pro vzdělávání s.r.o. Zábřeh. *Antiblokovací brzdové systémy*. 47 s.

JAN, Zdeněk; ŽDÁRSKÝ, Bronislav. *Automobily I Podvozky*. 2. vyd. Brno: Avid, 2001. 211 s. ISBN schvalovací doložka MŠMT ČR: č.j. 16 914/2001.

Nissan Europe N.V. Amsterdam. *Nissan Almera N16*. 2001.

*Aktivní bezpečnost* [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.autolexicon.net/cz/article/aktivni-bezpecnost>>.

*Brzdy a brzdové soustavy* [online]. [cit. 2009-03-09]. Dostupný z WWW: <<http://fs1.vsb.cz/~ric69/Sumperk/Brzdy.pdf>>.

*Dynamická diagnostika vozidlových brzd* [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW: <[http://josef.posta.sweb.cz/publik/Pub\\_134.htm](http://josef.posta.sweb.cz/publik/Pub_134.htm)>.

*Vyhláška Ministerstva dopravy o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2009-04-16]. Dostupný z WWW: <[http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb\\_free.nsf/c12571d20046a0b20000000000000000/c12571d20046a0b2c12566d400744d19?OpenDocument](http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb_free.nsf/c12571d20046a0b20000000000000000/c12571d20046a0b2c12566d400744d19?OpenDocument)>.



*Zákon o technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích* [online]. [cit. 2009-04-15]. Dostupný z WWW:  
<[http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb\\_free.nsf/c12571cc00341df10000000000000000/c12571cc00341df1c12566d40074480b?OpenDocument](http://abonent.lexdata.cz/lexdata/sb_free.nsf/c12571cc00341df10000000000000000/c12571cc00341df1c12566d40074480b?OpenDocument)>.